

Αξιολόγηση Επιπτώσεων στο Ακουστικό Περιβάλλον και τον Συγκοινωνιακό Θόρυβο από την Εφαρμογή Μειωτών Ταχύτητας σε Αστικές Περιοχές

Δρ ΚΩΝ/ΝΟΣ Ε. ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ

Επικ. Καθ. Παν. Θεσσαλίας - Τμ. Πολ. Μηχ/κών

Δρ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Ε. ΗΛΙΟΥ

Αναπλ. Καθ. Παν. Θεσσαλίας - Τμ. Πολ. Μηχ/κών

Περίληψη:

Ενώ έχει παρατηρηθεί σημαντική ερευνητική δραστηριότητα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της χρήσης μειωτών ταχύτητας (SPEED BUMPS), δεν συμβαίνει το ίδιο, σε ότι αφορά την αναγκαία ερευνητική δραστηριότητα σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρησιμοποίησής τους, ειδικά στις αστικές περιοχές κατοικίας. Ο στόχος της εργασίας αυτής είναι να ερευνηθεί η επιβάρυνση στο ακουστικό περιβάλλον, η οποία προκαλείται από τους κραδασμούς που παράγονται κατά την κίνηση των οχημάτων πάνω στους μειωτές ταχύτητας στις αστικές περιοχές. Κατά την σχετική ερευνητική πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν οχήματα διαφορετικών κατηγοριών σε έξη (6) διαφορετικά επίπεδα ταχύτητας, (10 έως 60 km/h), ώστε να ληφθούν υπόψη όλες οι πιθανές ταχύτητες διέλευσης. Ο συγκοινωνιακός θόρυβος μετρήθηκε με τη χρήση ειδικού τετρα-καναλικού στατιστικού αναλυτή θορύβου τύπου HARMONIE (01dB S.A., Γαλλία). Η σχετική συγκριτική ανάλυση, για συνθήκες με και χωρίς μειωτές ταχύτητας, κατέδειξε τον βαθμό συμβολής της χρήσης τους στην πιθανή επιβάρυνση του αστικού ακουστικού περιβάλλοντος ειδικά σε συνθήκες υψηλών ταχυτήτων των διερχομένων οχημάτων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, η σημαντική αύξηση της κυκλοφορίας των ΕΙΧ έχει συντελέσει στην υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων στις πόλεις, της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος, αλλά ακόμη και στην αισθητή μείωση του επιπέδου της οδικής ασφάλειας. Έχει αποδειχθεί ότι, μεταξύ άλλων, η επιβάρυνση που προκαλούν τα ΕΙΧ οχήματα στο ακουστικό περιβάλλον επηρεάζει αρνητικά την υγεία του ανθρώπου.

Κατά συνέπεια οι στάθμες εκπομπής θορύβου απ' όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες πρέπει να περιοριστούν όσο το δυνατόν περισσότερο. Ο χώρος που βρίσκεται κοντά στον τόπο διαμονής του ανθρώπου, δεν πρέπει να επηρεάζεται από την οδική κυκλοφορία ώστε να διασφαλίζεται η συνολική ποιότητα της ζωής του.

Υποβλήθηκε: 13.3.2006 Έγινε δεκτή: 12.12.2006

Ο οδικός κυκλοφοριακός φόρτος, η ταχύτητα και η συμπεριφορά των οδηγών, πρέπει να ελεγχθούν με στόχο την ήπια κυκλοφορία στις αστικές περιοχές, ώστε να γίνει δυνατή η βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφαλείας, η προστασία του ακουστικού περιβάλλοντος μέσω της μείωσης του συγκοινωνιακού θορύβου, παράγοντες δηλαδή που εξασφαλίζουν ποιοτικότερο βιοτικό επίπεδο.

Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές ήπιας κυκλοφορίας, η συνηθέστερη εκ των οποίων είναι η τοποθέτηση εγκάρσιων υπερυψωμένων λωρίδων «Speed Bumps», επί του οδοστρώματος, γνωστότερων και ως «σαμαράκια».

1.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Από τη διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία ^{[1], [2] & [3]} μπορούν να συνοψιστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχει η εφαρμογή των μειωτών ταχύτητας.

Οι μειωτές ταχύτητας, όταν σχεδιάζονται και τοποθετούνται σωστά, σύμφωνα πάντα με τις σχετικές προδιαγραφές, μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο μείωσης των ταχυτήτων. Βοηθούν έτσι αποτελεσματικά στον περιορισμό των αναπτυσσομένων ταχυτήτων σε κατοικημένες περιοχές.

Αναφέρεται ενδεικτικά ότι για τυπικές συνθήκες σε κατοικημένες περιοχές, οι μειωτές ταχύτητας μπορούν να αναγκάσουν τον οδηγό να μειώσει ταχύτητα μέχρι και 20 km/h πριν από κάθε διέλευση πάνω από αυτά. Επιπλέον συμβάλλουν στη μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου στις οδούς στις οποίες τοποθετούνται. Το ποσοστό της μείωσης του κυκλοφοριακού φόρτου εξαρτάται από παράγοντες όπως ο αριθμός και οι αποστάσεις μεταξύ των μειωτών, ο βαθμός μείωσης της ταχύτητας που αυτές προκαλούν και η διαθεσιμότητα εναλλακτικών διαδρομών.

Ένα μέρος δηλαδή των οχημάτων επιλέγει να χρησιμοποιήσει παράλληλες οδούς αποσυμφορώντας έτσι τους δρόμους στους οποίους έχουν εγκατασταθεί. Λόγω της μείωσης της ταχύτητας και του φόρτου μπορούν να συμβάλουν στην αύξηση του επιπέδου ασφαλείας μειώνοντας τον αριθμό και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων στις περιοχές στις οποίες εγκαθίστανται.

Ακόμα με την κατάλληλη χρησιμοποίησή τους πριν από διασταυρώσεις μπορούν να προκαλέσουν και μείωση των συγκρούσεων. Εμποδίζουν τα φορτηγά και τα λοιπά βαρέα οχήματα να χρησιμοποιούν δρόμους που ανήκουν σε κατοικημένες περιοχές, ενώ παράλληλα λόγω της μείωσης της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου, ενθαρρύνουν την κίνηση των πεζών στους δρόμους, γεγονός που έχει θετικές οικονομικές και πολιτιστικές επιπτώσεις και κατά συνέπεια συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Τέλος αποτελούν οικονομική λύση σε σχέση με άλλα μέτρα ήπιας κυκλοφορίας, η τοποθέτησή τους ή η αφαίρεσή τους είναι σχετικά εύκολη, ενώ εμφανίζουν το συγκριτικό πλεονέκτημα ότι δεν εμποδίζουν τη στάθμευση σε σχέση με αρκετά από τα υπόλοιπα μέσα «traffic calming».

Η εφαρμογή των μειωτών ταχύτητας παρουσιάζει όμως και μειονεκτήματα όπως το φαινόμενο ότι ορισμένοι οδηγοί αυξάνουν την ταχύτητα στο τμήμα που βρίσκεται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να μη δημιουργείται ιδιαίτερη μείωση στη μέση ταχύτητα. Αυτή η εναλλαγή στην αύξηση και μείωση της ταχύτητας έχει ως αποτέλεσμα να εκλύονται τοξικά αέρια στην ατμόσφαιρα.

Οι μειωτές ταχύτητας αν και μπορούν να μειώσουν τη ταχύτητα των οχημάτων, εκφράζονται αμφιβολίες για το αν τελικά μειώνουν τον αριθμό των ατυχημάτων. Αντίθετα παρατηρείται η πιθανότητα πρόκλησης - ιδιαίτερα στην περίπτωση δικύκλων - απώλειας ελέγχου του οχήματος, καθιστώντας την οδήγηση άβολη με αποτέλεσμα μείωσης του επιπέδου άνεσης των μετακινήσεων. Προκαλούν «αναταράξεις» σε φορτίο και επιβάτες με αποτέλεσμα ιδιαίτερα προβλήματα πόνου σε ανθρώπους με μυοσκελετικές παθήσεις. Εμποδίζουν τη γρήγορη κίνηση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης, όπως νοσοκομειακά, πυροσβεστικά και αστυνομικά οχήματα.

Είναι δυνατόν να προκαλέσουν φθορές στις αναρτήσεις και τα φρένα των οχημάτων, καθώς και ζημιές στο σασί, σε περίπτωση που ο οδηγός αργήσει να αντιληφθεί την ύπαρξή τους, ενώ σε πολλές περιπτώσεις έχουν αμφιλεγόμενη αισθητική. Επίσης ένα αποτέλεσμα από την εφαρμογή τους στο αστικό οδικό δίκτυο είναι η διοχέτευση της κυκλοφορίας μέσω εναλλακτικών διαδρομών, με αποτέλεσμα την αύξηση της κυκλοφορίας στις παράλληλες οδούς, την αύξηση του μήκους της συνολικής διαδρομής και ενδεχόμενα την επιλογή μη κατάλληλων διαδρομών. Τα ανωτέρω συντελούν τόσο στην αύξηση των οχηματο-χιλιομέτρων και στην κατανάλωση καυσίμων, όσο και την πρόκληση ατυχημάτων με παράλληλη μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας της οδού. Κατά συνέπεια η χρήση τους δεν

ενδείκνυται σε οδικό δίκτυο με υψηλούς φόρτους, ενώ παράλληλα επιφέρουν συχνά την αρνητική αντίδραση των περιοίκων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν οργανώσεις πολιτών οι οποίες επιδιώκουν την κατάργησή τους. Ειδικά στις Η.Π.Α. υπάρχει μεγάλος αριθμός τέτοιων οργανώσεων που εμφανίζουν έντονη δραστηριότητα.

1.2 Νομικό πλαίσιο & περιοχές εφαρμογής

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και πιο συγκεκριμένα η Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας και το Τμήμα Μελετών Κυκλοφορίας, έχουν θεσπίσει την υπ' αριθμόν 690/92 τεχνική προδιαγραφή για "Εγκάρσιες υπερυψωμένες λωρίδες οδοστρώματος για την μείωση της ταχύτητας των οχημάτων"^[4], με την οποία καθορίζουν:

- Τις περιοχές εφαρμογής (τύπος οδού, κυκλοφοριακός φόρτος, σύνθεση κυκλοφορίας)
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μήκος και ύψος, σχήμα κλπ.)
- Τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής
- Τις θέσεις εφαρμογής (αποστάσεις μεταξύ των μειωτών ταχύτητας, αποστάσεις από την αρχή του οικοδομικού τετραγώνου κλπ.)

Οι μειωτές ταχύτητας μπορούν να εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις αστικών οδών, που εξυπηρετούν αποκλειστικά τοπική και όχι διαμετρική κυκλοφορία οχημάτων σε συνδυασμό με έντονη μετακίνηση πεζών, ενώ δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους στο εθνικό-υπεραστικό οδικό δίκτυο, σε αρτηρίες, και λεωφόρους, λόγω των σοβαρών δυσμενών επιπτώσεων στα οχήματα και ιδιαίτερα στα δίκυκλα. Πριν την εξέταση της δυνατότητας χρησιμοποίησης μειωτών ταχύτητας, θα πρέπει να έχουν αποκλεισθεί με σχετική μελέτη όλοι οι άλλοι γνωστοί τρόποι ανάλυσης της ταχύτητας.

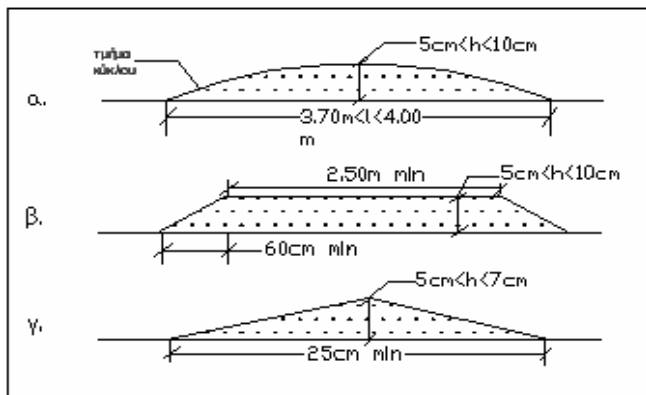
Πιο συγκεκριμένα, για να είναι δυνατή η τοποθέτηση μειωτών ταχύτητας σε μία οδό, αυτή θα πρέπει να πληροί τις εξής παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να εξυπηρετεί αποκλειστικά τοπική και όχι διαμετρική κυκλοφορία
- Να μην δέχεται συχνή κυκλοφορία φορτηγών, λεωφορείων, οχημάτων που εξυπηρετούν μονάδες άμεσης επέμβασης (νοσοκομειακά, πυροσβεστικά, κλπ.)
- Να εμφανίζει κυκλοφοριακό φόρτο μικρότερο από 30 οχήματα/ώρα
- Να μπορεί να δεχτεί εφαρμογή ανώτατου ορίου ταχύτητας κίνησης των οχημάτων 30 χλμ/ώρα χωρίς να δημιουργείται κυκλοφοριακό πρόβλημα.
- Σε όσες περιπτώσεις εφαρμοσθούν, θα πρέπει οι οδοί στις οποίες τοποθετούνται να εντάσσονται μέσα σε μια ευρύτερη περιοχή γειτονιάς, που θα κυκλοφορούν κυρίως πεζοί (πλατείες, πάρκα, εκκλησίες, σχολεία κλπ.).

1.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά & προδιαγραφές Εφαρμογής

Η σχετι κή προδιαγραφή καθορίζει πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις τύποι εγκάρσιων υπερυψωμένων λωρίδων οδοστρωμάτων (Σχήμα 1):

- Ο ‘κυκλικός’ τύπος με 3,70 έως 4,00 μέτρα μήκος και 5 έως 10 εκατοστά ύψος (σχ.1-α.)
- Ο ‘τραπεζοειδής’ τύπος με 3,70 μέτρα ελάχιστο μήκος μεγάλης βάσεως και 2,50 μέτρα μήκος μικρής βάσεως και 5 έως 10 εκατοστά ύψος (σχ.1-β.)
- Ο ‘τριγωνικός’ τύπος (με στρογγυλεμένη κορυφή) με ελάχιστο μήκος 2,5 μέτρα και ύψος μέχρι 5 έως 7 εκατοστά και μέγιστη κλίση 1: 2,25 (σχ.1-γ.)



Σχήμα 1 : Κατά μήκος τομές κυκλικού (α), τραπεζοειδούς (β) και τριγωνικού (γ) τύπου

Figure 1 : Typical cross sections of circular (a), trapezoid (b) & triangular(c) type

Οι Προδιαγραφές Εφαρμογής των μειωτών ταχύτητας, αλλά και οι δρόμοι πάνω στους οποίους αυτά τοποθετούνται, πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις :

- Το μήκος της οδού μειωμένης ταχύτητας (30χλμ/ώρα) θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 μέτρα και η κατά μήκος κλίση σε ανωφέρεια, μικρότερη από 4%.
- Να απέχουν οι μειωτές ταχύτητας μεταξύ τους από 40 έως 100 μέτρα
- Να τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον:
 - ✓ 20 μέτρων από την αρχή καμπύλης σε οριζοντιογραφία
 - ✓ 20 μέτρων από διασταυρώσεις με δρόμο της ίδιας κατηγορίας
 - ✓ 25 μέτρων από διασταυρώσεις με σημαντικότερη οδό
 - ✓ 20 μέτρων από γραμμές τρένου
 - ✓ 40 μέτρων πριν το τέλος αδιεξόδου
- Ειδική μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται στην τοποθέτηση του πρώτου μειωτή ταχύτητας, ώστε να επιτυγχάνεται αφενός έγκαιρη μείωση της ταχύτητας προσέγγισης αφετέρου εξασφάλιση ορατότητας σε επίπεδο μηκοτομής οδού.
- Η τοποθέτηση μειωτών ταχύτητας πρέπει να επισημαίνεται με σαφήνεια, ώστε να γίνεται έγκαιρα αντιληπτή η ύπαρξή τους από τους οδηγούς, τόσο κατά την ημέρα

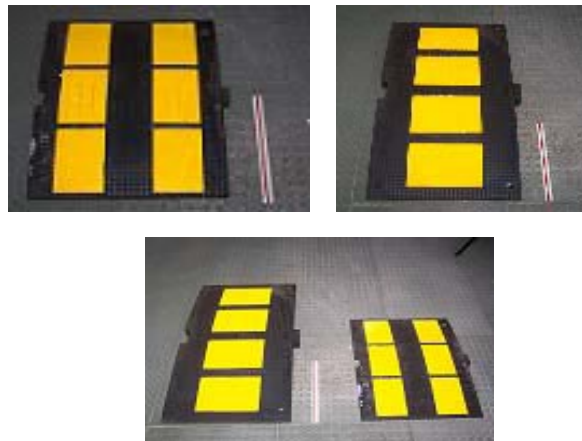
(με χρωματισμό κρασπέδων, με πινακίδες αναγγελίας κινδύνου, και ρυθμιστικές), όσο και κατά τη νύχτα (ηλεκτροφωτισμός, αντανακλαστικά στοιχεία κλπ.).

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

2.1 Σκοπός των μετρήσεων και διάταξη των μειωτών ταχύτητας

Σκοπός της διεξαγωγής των μετρήσεων, ήταν η εκτίμηση της επιδείνωσης των μέγιστων τιμών θορύβου λόγω της διέλευσης των οχημάτων πάνω από μειωτές ταχύτητας [3]. Πιο συγκεκριμένα, από τις μετρήσεις προσδιορίστηκαν οι τιμές αιχμών θορύβου κατά τη διέλευση από κοινό οδόστρωμα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές κατά τη διέλευση από δύο διαφορετικές διατάξεις μειωτών ταχύτητας, και υπολογίστηκε η διαφορά τους. Οι διαφορές αυτές οφείλονται κυρίως στους κραδασμούς στους οποίους υπόκεινται τα οχήματα καθώς περνούν επάνω από τις διατάξεις. Οι μετρήσεις και οι εκτιμήσεις των αυξήσεων των αιχμών θορύβου έγιναν, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στη συνέχεια, για διαφορετικές ταχύτητες διέλευσης των οχημάτων. Τελικός στόχος, μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, ήταν καθορισμός της τιμής της αναμενόμενης αύξησης στις μέγιστες τιμές (αιχμές) των σταθμών θορύβου, λόγω της τοποθέτησης μειωτών ταχύτητας σε μία οδό, για κάθε μία από τις ταχύτητες αυτές.

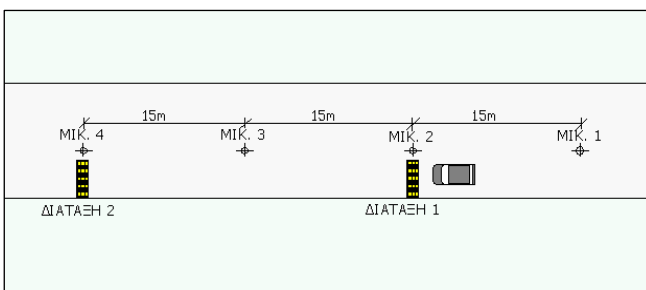
Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων τοποθετήθηκαν δύο διαφορετικές διατάξεις μειωτών ταχύτητας, από ίδιο υλικό, αλλά με διαφορετικές διαστάσεις. Η πρώτη διάταξη (Διάταξη 1), αποτελείται από 6 τεμάχια με διαστάσεις 60cm x 50cm x 3cm κυκλικού προφίλ (Φωτ.1.α.), συναρμολογημένα σε σειρά ώστε οι τελικές της διαστάσεις να είναι 60cm x 300cm x 3cm. Η δεύτερη διάταξη (Διάταξη 2), αποτελείται από 6 τεμάχια με διαστάσεις 90cm x 50cm x 5cm ιδίου προφίλ (Φωτ. 1.β.) και συναρμολογημένα με τον ίδιο τρόπο ώστε οι τελικές της διαστάσεις να είναι 90cm x 300cm x 5cm.



Φωτ.1. (α) Διάταξη 1 (β) Διάταξη 2 (γ) Σύγκριση διατάξεων
Photo 1. (a) Set type 1 (b) Set type 2 (c) Comparison

Οι δύο διατάξεις τοποθετήθηκαν σε ένα ιδιαίτερα ήσυχο τμήμα του εσωτερικού οδικού δικτύου της βιομηχανικής περιοχής του. Πλησίον της περιοχής των μετρήσεων δεν υπήρχαν άλλες πηγές θορύβου συμπεριλαμβανομένης διερχόμενης οδικής κυκλοφορίας, ούτε παρόδια κτίσματα, η άλλου τύπου εμπόδια ώστε να μην δημιουργούνται ανεπιθύμητα φαινόμενα ανάκλασης του θορύβου και οι ακουστικές καταγραφές να αφορούν αποκλειστικά την επιρροή των μειωτών ταχύτητας.

Η εγκατάσταση των διατάξεων έγινε ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι 30 μέτρα. Μπροστά από κάθε διάταξη και σε ύψος 1,20 μέτρων από το έδαφος τοποθετήθηκε από ένα μικρόφωνο στημένο σε τρίποδα. Τοποθετήθηκαν ακόμη δύο μικρόφωνα, το ένα πριν από την πρώτη διάταξη και σε απόσταση 15 μέτρων από αυτήν και το άλλο ακριβώς στο μέσον της απόστασης μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης διάταξης (15 δηλαδή μέτρα μετά τη Διάταξη 1 και 15 μέτρα πριν τη Διάταξη 2). Τα τέσσερα μικρόφωνα συνδέθηκαν στο τετρακαναλικό στατιστικό αναλυτή θορύβου τύπου Harmonie της 01dB το οποίο μεταφέρει σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα σε έναν φορητό υπολογιστή, καθιστώντας έτσι δυνατή την ξεχωριστή αλλά ταυτοχρονισμένη επεξεργασία των δεδομένων των τεσσάρων μικροφώνων. Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα εγγραφής και αναπαραγωγής του ηχητικού σήματος που δημιουργούσαν τα οχήματα κατά τις διελεύσεις τους. Η τελική πειραματική διάταξη που προέκυψε μετά την εγκατάσταση των μειωτών ταχύτητας και την τοποθέτηση και σύνδεση των μικροφώνων παρουσιάζεται στο σχήμα 2.



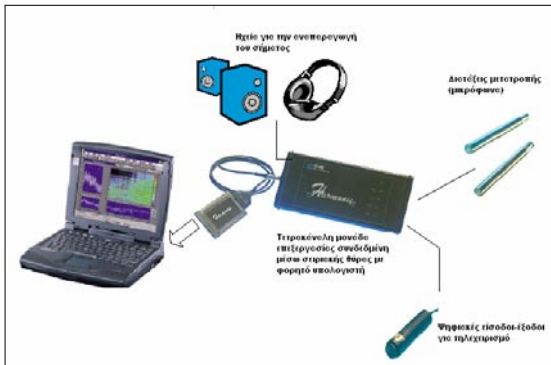
Σχήμα 2 : Πειραματική διάταξη των μετρήσεων
Figure 2 : Experimental noise measurements setup

2.2 Περιγραφή της διαδικασίας των μετρήσεων

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ημέρα με ηλιοφάνεια, σε στεγνό οδόστρωμα και με άνεμο ιδιαίτερα χαμηλής έντασης. Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικοί τύποι οχημάτων: ένα επιβατικό I.X. 1600 cc και ένα όχημα S.U.V. 2000 cc. Τα οχήματα που επελέγησαν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά του στόλου των οχημάτων που κυκλοφορούν στην Ελλάδα, και σχετικά αντιπροσωπευτικά δείγματα της κατηγορίας τους. Στόχος της εργασίας αυτής δεν είναι προφανώς να αξιολογήσει την συμπεριφορά του μεγαλύτερου μέρους των οχημάτων του Ελλαδικού χώρου με μετρήσεις μεγάλης κλίμακας, αλλά να αναδείξει ποιοτικά (με οχήματα κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικά) την επιβάρυνση του ακουστικού περιβάλλοντος από την εφαρμογή μειωτών ταχύτητας. Προβλέπεται άλλωστε να ακολουθήσουν ερευνητικά προγράμματα και μετρήσεις πλέον εκτεταμένης κλίμακας. Τα οχήματα πραγματοποίησαν διελεύσεις κατά μήκος της πειραματικής διάταξης, με σταθερή ταχύτητα. Κατά μέσον όρο έγιναν τρεις διελεύσεις ανά ταχύτητα και ανά όχημα. Οι ταχύτητες διέλευσης ξεκινούσαν από 10 km/h και έφταναν μέχρι και 60 km/h με βήμα 10 km/h. Καθώς τα οχήματα πραγματοποιούσαν τις διελεύσεις, τα μικρόφωνα κατέγραφαν το ηχητικό σήμα που αυτά παρήγαγαν και τα αποτελέσματα μεταφέρονταν στον υπολογιστή. Η μέτρηση της ταχύτητας έγινε με χρήση συσκευής (VBOX II) η οποία βασίζεται σε σύστημα GPS και μετρά ταχύτητα με ακρίβεια 0,1 km/h. Επιπλέον έλεγχος έγινε και με τα στοιχεία “time history” των σχετικών ψηφιακών αρχείων των ακουστικών καταγραφών

Αναλυτικότερα το σύστημα καταγραφής που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει τις διατάξεις μετατροπής (μικρόφωνα), την τετρακάναλη μονάδα επεξεργασίας Harmonie συνδεδεμένη μέσω της σειριακής θύρας (PCMCIA) σε φορητό υπολογιστή, και ηχεία για την αναπαραγωγή του σήματος που καταγράφηκε και παρουσιάζεται σχηματικά στο σχήμα 3 στην συνέχεια.

Για την ανάλυση των δεδομένων τα οποία προέκυψαν από τις μετρήσεις που διεξήχθησαν, χρησιμοποιήθηκε, το πακέτο λογισμικού dBTrait32, της εταιρείας 01dB. Βασίζεται στη θεωρία του σύντομου Leq (short Leq theory) και χωρίζει τον χρόνο μέτρησης σε πολύ μικρότερες υποπεριόδους της τάξης των millisecond, και υπολογίζει ξεχωριστά το Leq για κάθε μία από αυτές. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και αποδεκτή στον τομέα της περιβαλλοντικής ακουστικής εδώ και πάρα πολλά χρόνια και ουσιαστικά αποσκοπεί στον υπολογισμό της Ισοδύναμης Συνεχούς Στάθμης Θορύβου σε εξαιρετικά μικρό χρονικό δείγμα, - στην περιπτωσή μας μόλις 100 ms, - που πρακτικά προσομοιάζει τον δείκτη SPL. Το εξαιρετικά μικρό χρονικό δείγμα ουσιαστικά επιτυγχάνει την πλέον ολοκληρωμένη καταγραφή της διακύμανσης του θορύβου με σαφή καταγραφή των αιχμών, η σύγκριση των οποίων για τις συνθήκες «μειωτής» και «κανονικό οδόστρωμα» μας δίνει τις καταγραφηθείσες αυξήσεις κατά την διέλευση τυπικού οχήματος.



Σχήμα 3 : Στατιστικός αναλύτης θορύβου HARMONIE της 01dB
 Figure 3 : Statistical Noise Analyser HRMONIE της 01 dB

Η υποπερίοδος αυτή μπορεί συνήθως να επιλεγεί από τον χρήστη και ονομάζεται βάση ή βήμα χρόνου (time base). Έτσι, για παράδειγμα, για μία μέτρηση που διαρκεί 4 δευτερόλεπτα, και έχοντας ορίσει ως βάση χρόνου τα 200 ms, καταγράφουμε 20 τιμές Leq σε dB(A), μία για κάθε περίοδο ίση με τη βάση χρόνου που ορίστηκε. Με το ανωτέρω λογισμικό έγινε :

- Ανάλυση των ακουστικών μεγεθών και παρουσίαση της πλήρους εξέλιξης του φαινομένου στον άξονα του χρόνου για τους διάφορους δείκτες με βάση χρόνου τα 100 ms.
- Υπολογισμός των διαφόρων στατιστικών δεικτών Ln (ποσοστομετρικοί δείκτες θορύβου), όπως επίσης και των δεικτών Lmin, Lmax, Peak (στάθμη αιχμής).
- Υπολογισμός του συνολικού Leq (Ισοδύναμη Συνεχής Στάθμη Θορύβου) για μία συγκεκριμένη περίοδο με ταυτόχρονη ανάλυση όλων των καναλιών
- Αναπαραγωγή του ηχητικού σήματος που καταγράφηκε ώστε να εξετασθούν τυχόν ανωμαλίες στις καταγραφές και να εξακριβωθεί η προέλευσή τους, ώστε τα αποτελέσματα πιθανών αλλοιωμένων μετρήσεων να αποκλειστούν από τη διαδικασία της μετέπειτα επεξεργασίας και διαγραμματικής παρουσίασης.

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν δείχνουν τις μετρήσεις θορύβου για κάθε μικρόφωνο, σε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς τύπου οχήματος, θέσης οχήματος, ταχύτητας οχήματος και αριθμού διέλευσης του κάθε οχήματος και ελεγχόμενης διάταξης μειωτών ταχύτητας. Επειδή δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστούν όλα τα αποτελέσματα, παρατίθενται στην συνέχεια στα σχήματα 4 και 5 τα συνοπτικά διαγράμματα των αιχμών θορύβου κατά τη διέλευση των οχημάτων από τις δύο διατάξεις μειωτών ταχύτητας καθώς και τα διαγράμματα αιχμών θορύβου για διελύσεις από οδόστρωμα χωρίς μειωτές ταχύτητας. Παρατίθεται τέλος διάγραμμα συγκριτικής επιδείνωσης του θορύβου για τις δύο διατάξεις μειωτών ταχύτητας. Η ποσοτικοποίηση

των αποτελεσμάτων στο επόμενο κεφάλαιο. στοχεύει στην προσέγγιση της αναμενόμενης ακουστικής επιβάρυνσης στην ανάλυση ενδεικτικών – αντιπροσωπευτικών τύπων οχημάτων, οδοστρώματος, και μειωτών ταχύτητας. Δεδομένης όμως της έλλειψης σχεδιασμού για την εφαρμογή μειωτών ταχύτητας στα οδικά δίκτυα των Ελληνικών αστικών κέντρων, η παρούσα εργασία αποσκοπεί στον να δώσει στον συγκοινωνιολόγο μηχανικό μία πρώτη επιπλέον χρήσιμη παράμετρο αξιολόγησης για τέτοιου είδους εφαρμογές.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την επεξεργασία των στοιχείων των μετρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- Οι μειωτές ταχύτητας επιβαρύνουν τις μέγιστες εμφανιζόμενες τιμές (αιχμές) θορύβου, γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στα πλαίσια της μελέτης που προηγείται της τοποθέτησής τους σε μία οδό. Είναι προφανές ότι το γεγονός της ακουστικής όχλησης που προκαλείται από τον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο καλύπτεται στην προδιαγραφή του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., όπου πριν από τη διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησής τους θα πρέπει να έχουν αποκλειστεί, μετά από μελέτη, όλοι οι άλλοι τρόποι ανάσχεσης της ταχύτητας των οχημάτων. Μια τέτοια μελέτη πρέπει να έχει ως βασικές παραμέτρους τη μέση ταχύτητα και την V85 των οχημάτων που διέρχονται και να λαμβάνει υπόψη ότι η μείωση της ταχύτητας μέσω των μειωτών δεν μειώνει και την ακουστική όχληση αλλά μάλλον την αυξάνει.
- Δεδομένου ότι οι μειωτές ταχύτητας τοποθετούνται συνήθως σε αστικό οδικό δίκτυο επιπέδου «γειτονιάς», είναι σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι η σχετική αύξηση της στάθμης θορύβου αιχμής για ταχύτητες κίνησης 30-40 Km/h εκτιμήθηκε σε 3,5-4,5 dB(A), ενώ για ταχύτητες της τάξης των 50-60 Km/h σε 4,8-5,4 dB(A). Επιπρόσθετα πρέπει να τονιστεί ότι η απουσία ομοιομορφίας κατά την εξέλιξη του περιστατικού θορύβου, η απότομη δηλαδή εμφάνιση της αιχμής του θορύβου και η εν συνεχεία εξαφάνισή της, είναι αυτή που αποδεδειγμένα την καθιστά ακόμη περισσότερο ενοχλητική για τον άνθρωπο, κάνοντάς την να «προβάλλει» ακόμη περισσότερο όχι μόνο από το θόρυβο βάθους αλλά και από το θόρυβο του ίδιου του περιστατικού.
- Ένα από τα προφανή συμπεράσματα που προκύπτουν από την εξέταση των αποτελεσμάτων του πειράματος της παρούσας εργασίας είναι το ότι από τις δύο διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, σχετικά μεγαλύτερη αύξηση στις αιχμές θορύβου προκαλεί η Διάταξη 2 (με μήκος 90 cm και ύψος 5 cm) παρά η Διάταξη 1 (με μήκος 60 cm και ύψος 3 cm). Δηλαδή πιο «θορυβώδης» είναι η μεγαλύτερη σε ύψος και μήκος (κατά τον άξονα κυκλοφορίας), διάταξη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι τιμές των διαφορών αυτών κυμαίνονται στο 1 dB(A).

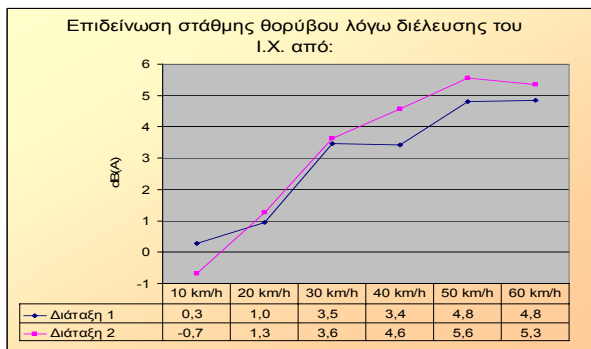
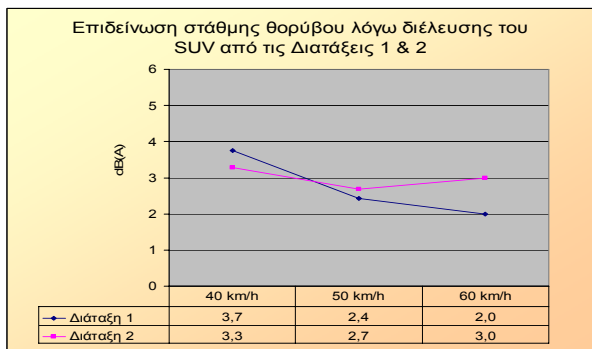
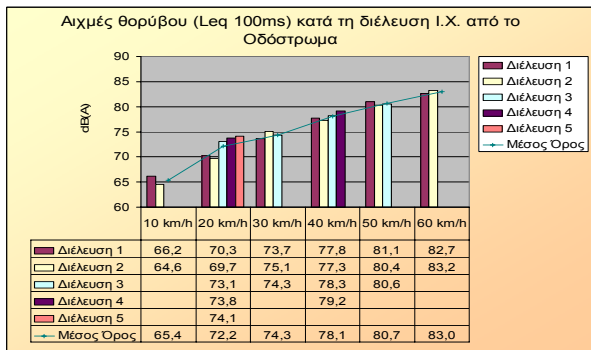
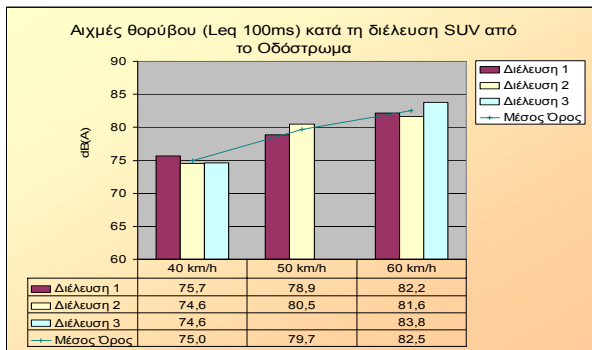
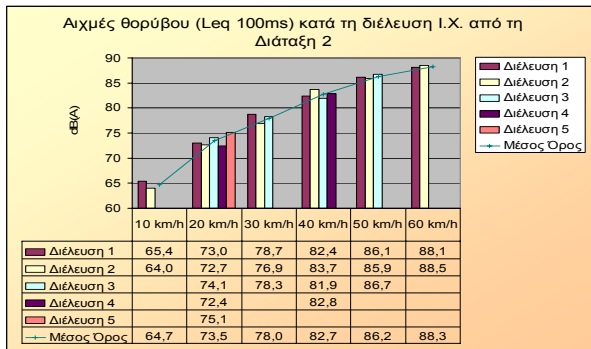
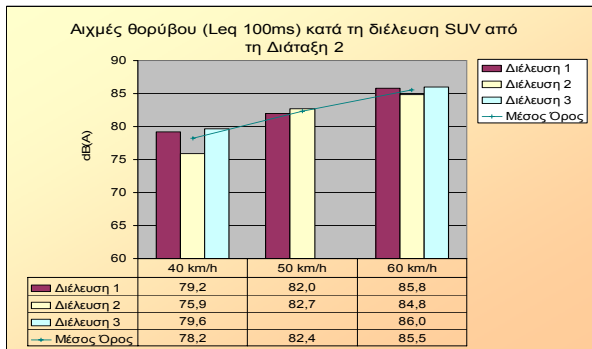
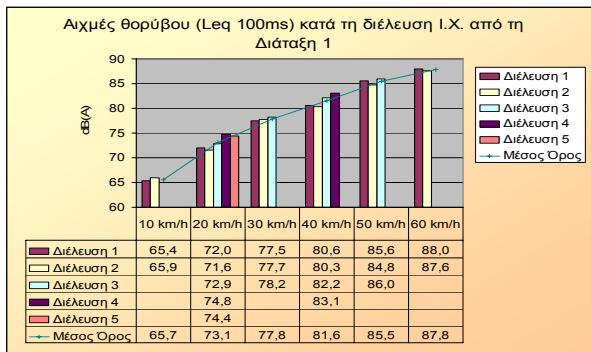
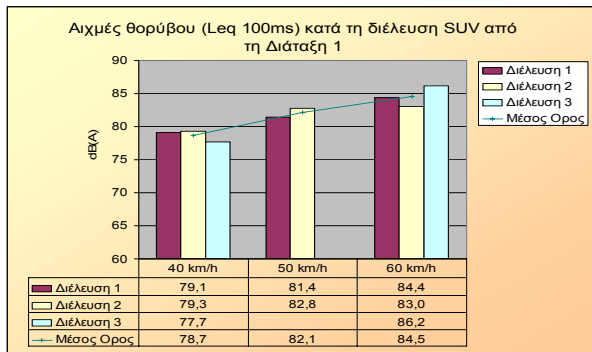
Συνεπώς είναι προτιμότερο να αποφεύγεται η χρήση μειωτών με υψηλό προφίλ.

- Σημαντικό επίσης ρόλο παίζει η ποιότητα και τα υλικά κατασκευής των διατάξεων. Σημειώνεται ότι οι μειωτές ταχύτητας που χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της εργασίας αυτής είναι κατασκευασμένοι από σκληρό καουτσούκ και με αντλιοσθηρή επιφάνεια. Συνεπώς οι τιμές της επιδείνωσης των αιχμών θορύβου που αναμένεται να προκύψουν λόγω της τοποθέτησης speed bumps σε κάποια οδό δεν αποκλείεται να είναι ελαφρώς μεγαλύτερες από αυτές που εκτιμά η παρούσα εργασία, σε περίπτωση που αυτά δεν είναι εξαιρετικής ποιότητας ή είναι κατασκευασμένα από υλικά τα οποία σε επαφή με τους τροχούς του οχήματος παράγουν υψηλότερα επίπεδα θορύβου.
- Ένας άλλος παράγοντας, με συνέπειες – αν και όχι ιδιαίτερα σημαντικές - στην ένταση της ενόχλησης, είναι η κλίση της οδού. Αναλυτικότερα σε μία κατηφορική οδό στην οποία ο θόρυβος που προκαλείται από τον κινητήρα των διερχόμενων οχημάτων είναι σχετικά περιορισμένος, ο θόρυβος που θα δημιουργηθεί από την πρόσκρουση του οχήματος στο μειωτή ταχύτητας, θα είναι πλέον αισθητός σε σύγκριση με το μέσο επίπεδο

του οδικού συγκοινωνιακού θορύβου στον οποίον έχουν συνηθίσει να εκτίθενται οι κάτοικοι, με αποτέλεσμα την αύξηση της ενόχλησης. Επιπροσθέτως, σε μία τέτοια οδό ευνοείται η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων, με αποτέλεσμα οι αιχμές που δημιουργούνται κατά τη διέλευση από το μειωτή ταχύτητας να γίνονται αισθητά μεγαλύτερες όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. P. Abbot, M. Taylor and R. Layfield, **The effects of traffic calming measures on vehicle and traffic noise**, Traffic Research Laboratory, 1997
2. Bureau of Traffic Management, **Speed Bumps: Introduction and general standards**, City of Portland, Oregon, 20-12-1994
3. R. Rylander and M. Bjorkmann, **Road traffic noise influenced by road bumps**, Journal of Sound and Vibration v.250 p.157-159
4. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ΔΜΕΟ/ε/οικ/603/28-9-92, **Προσωρινή τεχνική προδιαγραφή εγκάρσιων υπερυψωμένων λωρίδων οδοστρώματος για τη μείωση της ταχύτητας οχημάτων.**
5. Κ. Βογιατζής, **Μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων οδικών συγκοινωνιακών έργων**, Σημειώσεις του μαθήματος, «Περιβαλλοντική Οδοποιία» Πολυτεχνική Σχολή Π.Θ.



Σχήμα 4 : Αποτελέσματα μετρήσεων θορύβου οχήματος S.U.V.
Figure 4 : S.U.V. noise measurements

Σχήμα 5 : Αποτελέσματα μετρήσεων θορύβου οχήματος ΙΧ
Figure 5 : Private Vehicle noise measurements

Δρ Κων/νος Ε. Βογιατζής

Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή -Τμήμα Πολιτικών Μηχ/κών, Συγκοινωνιακός Τομέας, Πεδίον Άρεως 383 34 Βόλος.

Δρ Νικόλαος Ε. Ηλιού

Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή -Τμήμα Πολιτικών Μηχ/κών, Συγκοινωνιακός Τομέας, Πεδίον Άρεως 383 34 Βόλος.

Extended Summary

Evaluation of Impacts to the Acoustic Environment and the Traffic Noise from the Implementation of Speed Bumps in Urban Areas

Dr KONSTANTINOS E. VOGIATZIS

Assist. Prof. University of Thessaly
Department of Civil Engineering

Dr NIKOLAOS E. ELIOU

Assoc. Prof. University of Thessaly
Department of Civil Engineering

Summary

While important research activity regarding the effectiveness of speed bumps has been observed, this is not the case, when necessary research activity regarding the environmental impacts of their utilisation is concerned, especially in the urban residential areas. The objective of this work is to look into the endorsement of the acoustic environment, which is caused by vibrations produced by the movement of vehicles on the speed bumps, in urban areas.

During the relative research experimental process, vehicles of different categories were used for six (6) different speed levels, (10 to 60 km/h), so that all probable speed levels were taken into consideration. The transportation noise was measured with the use of a special four-channel statistical noise analyser HARMONIE type (01dB S.A., France). The relative comparative analysis, for conditions 'with' and 'without' speed bumps, showed the degree their use contributed in the probable endorsement of urban acoustic environment, specifically in conditions of high speeds of passing by vehicles.

1. INTRODUCTION

To decrease noise emissions & exposure, in the frame of the implementation of vehicle speed reduction measures is an important practical action that is widely introduced the last years in transportation projects. The relation between the speed of vehicles and the noise levels emitted in comparison with various road surfaces is well known- up to 50 km/h the engine noise dominates and above 50 km/h; the tire noise becomes the dominant noise source.

To decrease the speed of vehicles in urban conditions, various types of road bumps can be used. These measures require the vehicle to slow before the bump and usually its speed increases after the bump, adding an accelerating engine to the noise sources.

Submitted: Mar. 13. 2006 Accepted: Dec. 12. 2006

2. MEASUREMENT CAMPAIGN

The scope of this experimental procedure was the evaluation of the possible aggravation of the maximum noise levels emitted by the passage of two major different type of urban vehicles in a road section over road bumps. More specifically, noise levels were measured as vehicles passed over normal urban road surface as well as when they passed over two different bumps, and thus their difference in noise emission was determined. These differences come up mostly due to the type of shock that the vehicles suffer as they pass over the bumps with different speed.

The measurements and the evaluation of the noise levels were made, for different passing speeds, with final objective, after the processing of the results, the determination of a simple and practical guideline for the evaluation of the anticipated raise in the maximum noise levels, in cases that similar bumps are to be installed in urban roads adjacent to residential or other – acoustically sensible – land uses.

For the execution of the experiment two different sets of bumps (see relevant photos) were used, made by the same material, but with different dimensions. The first set was made by 6 independent parts with dimensions 60cm x 50cm x 3cm and circular profile and putted together in such way that the overall dimensions were 60cm x 300cm x 3cm. The second set was made also by, 6 parts with dimensions 90cm x 50cm x 5cm of the same profile, putted together also, with final dimensions of 90cm x 300cm x 5cm.

The two sets were installed in a dedicated road inside the premises of a wide industrial area in the suburbs of the city of Volos-Greece, but with no other noise sources in the immediate area of the measurement's set-up. Moreover no buildings were located nearby so no noise reflection was possible.

The installation of the two sets of bumpers was made so that the distance between them would be 30 meters. In front of each set and in a height of 1,5 meters from the road level a microphone was installed. Two additional microphones were installed, the first 15 meters before the first set in the existing road asphalt, and the second 15 meters before the second set exactly in the middle of the distance between the two sets.

The four microphones were plugged into the statistical noise level analysing system HARMONIE (01 dB France). The HARMONIE hardware system is a four channel recorder-analyser that records and transfers data in real time. In that way it was possible to process simultaneously and with a distinct way the signals of the four microphones.

The measurements were done on a sunny day, with a dry road surface, with almost no wind at all. Two typical different types of vehicles were used: a passenger car Toyota Corolla and an S.U.V Toyota Rav 4x4. The vehicles conducted passages over the experimental sets with steady speed. Three passages were made by vehicle type and by speed. The passing speeds were ranging from 40 km/h to 60 km/h.

As the vehicles conducted the passages, the microphones recorded and analysed simultaneously the noise signals. After completion of the all process, the necessary analysis & calculations were executed to reach a final conclusion using the special noise analysis software dBTrait (01dB).

3. RESULTS

The results are briefly presented in figures 4 & 5 regrouping the average peaks noise levels due to the passage of both passenger car (P.C) and S.U.V over the road surface for the two different sets of bumpers.

4. CONCLUSIONS

Based on the relative measurement results, it is concluded that speed bumps effects the peak road noise levels, a fact that should be taken into account in the frameworks of their implementation in urban road networks. It is obvious that harmful acoustic effects, caused by road traffic noise, are included in the relevant specifications, where, all other ways of interception of vehicles' speed must have been excluded, after being studied, before going on to exploring the possibility of using speed bumps.

Taking into account that speed bumps are placed in urban "neighbourhood" streets, the increase of peak noise levels, based on the results of the measurements program, has been estimated to be 3,5-4,5 dB(A) for speeds from 30-40 Km/h, while for speeds from 50-60 Km/h the estimation concerned 4,8-5,4 dB(A).

Furthermore, it must be underlined that the absence of uniformity during noise fluctuation, i.e. the sudden appearance of high noise levels which disappear after a while, is the reason for creating additional annoyance to the residents people, due to important differences comparing to background noise.

One of the obvious conclusions coming from the examination of the present study's experiment results, is the fact that from the two provisions used for the experiment, relatively higher increase in peak noise levels is caused by bump set 2 rather than bump set 1. Indicatively, it is reported that the values of these differences oscillate at 1 dB(A).

Dr Konstantinos E. Vogiatzis

Assistant Prof. University of Thessaly, UNIVERSITY OF THESSALY, Department of Civil Engineering, Pedion Areos 383 34 Volos, GREECE

Dr Nikolaos E. Eliou

Associate Prof. University of Thessaly, UNIVERSITY OF THESSALY, Department of Civil Engineering, Pedion Areos 383 34 Volos, GREECE